

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 28 JUL 2004	
WIPO	PCT

### Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 34 737.2

**Anmeldetag:** 29. Juli 2003

**Anmelder/Inhaber:** Rexroth Indramat GmbH, 97816 Lohr/DE

**Bezeichnung:** Berührungslose Energieversorgung für bewegte Verbraucher

**IPC:** H 02 J, B 60 L

BEST AVAILABLE COPY

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 14. Juli 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Stanschus

Berührungslose Energieversorgung für bewegte Verbraucher

10 Die Erfindung betrifft die Versorgung elektrischer Verbraucher auf dem Sekundärteil (bewegliches Teil) eines Linearmotors nach Anspruch 1, insbesondere eines Linearmotors, der vorzugsweise in Prozessen der Industrieautomatisierung Verwendung findet.

15 Das Patent EP 0580 107 B1 zeigt ein magnetisches Schwebesystem, welches für Transportzwecke mit geraden und kurvenförmigen Wegabschnitten ausgelegt ist. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf der Regelung des Luftspaltes, abhängig von der Belastung des Sekundärteiles, mittels einer am Sekundärteil befestigten Regelungseinrichtung. Diese Regelungseinrichtung wird über eine Induktionsschleife  
20 mit einer 10kHz Spannungsquelle berührungslos mit Energie versorgt. Die Induktionsschleife ist allerdings nur an den geraden Streckenabschnitten vorhanden. Bei Kurvenfahrten muss eine am Schwebefahrzeug angeordnete Pufferbatterie für Energie sorgen. Nachteil der Anordnung ist, dass zum einen die induktive Energiekopplung nicht lückenlos entlang der Strecke erfolgt und dass zum anderen neben der  
25 schaltungstechnischen Maßnahmen zur Erzeugung eines Wechselfeldes höherer Frequenz generell ein zusätzlicher Material-, Herstellungs- und Kostenaufwand zur Realisierung vonnöten ist, der proportional zur Weglänge zunimmt und damit die Komponenten extrem verteuert (Fig. 6; Spalte 11, Zeile 14 ff) sowie eine regelmäßige Wartung erfordert.

30

Das Patent US 6,502,517 B1 zeigt ebenfalls ein magnetisches Schwebesystem. Auch die berührungslose Energieübertragung wird hier thematisiert. Ein konkreter Ansatzpunkt wie diese Energieübertragung jedoch realisiert werden könnte ist hier kaum zu finden (Fig. 1, Spalte 5, Zeile 19 ff und Ansprüche). Auch ist der Schrift  
35 eindeutig zu entnehmen, dass das magnetische Feld zur Fortbewegung (Bezugspunkte 8, 8.1 und 8.2, Fig. 1) und die Vorrichtung zur Energieübertragung

5 (Bezugspunkt 9, Fig. 1) mechanisch voneinander getrennt aufgebaut sind. Es ergeben sich somit ähnliche Nachteile wie bei der Erfindung, die mittels der Schrift EP 0580 107 B1 patentiert wurde.

10 Es ist Aufgabe der Erfindung eine berührungslose Energieversorgung für am beweglichen Teil (Sekundärteil) eines Linearmotors angebrachte elektrische Verbraucher zu schaffen ohne nennenswerten zusätzlichen Material- und/oder Herstellungsaufwand und ohne zusätzliche Spannungsquellen auf dem Sekundärteil. Die Anordnung sollte außerdem wenig störungsanfällig sein.

15 Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruches 1 gelöst. Die Erfindung gewährleistet eine berührungslose Energieübertragung, die alle geforderten Punkte erfüllt und insbesondere die geforderte Wartungsfreundlichkeit sicherstellt, da kaum zusätzliche Mechanik im Spiel ist. Durch die Einkopplung eines zusätzlichen Energieversorgungsfeldes in die für die Erzeugung des Fortbewegungsfeldes (Wanderfeldes) genutzten felderzeugenden Spulen und der damit verbundenen Nutzung einer ohnehin bereits vorhandenen Linearmotorkomponente (Primärteil) erspart man sich den zusätzlichen Materialaufwand sowie Fertigungs- und Montagekosten. Sekundärteil und Primärteil des Linearmotors müssen bei der erfindungsgemäßen Lösung nicht um mechanische Komponenten (Induktionsschleifen, Zusatzwicklungen, etc.) erweitert werden. Lediglich eine Energieübertragungsschnittstelle wird zusätzlich erforderlich. Auch eine schaltungstechnische Erweiterung der Spulenspeisung zur Einkopplung des zur Energieübertragung erforderlichen elektrischen Feldes in die felderzeugenden Wicklungen muss vorgenommen werden. Diese Maßnahmen ziehen jedoch verhältnismäßig geringe Kosten nach sich.

30

Bei den Verbrauchern kann es sich um Funktionsblöcke zur Fortbewegungs- bzw. Bewegungsregelung sowie um Datenverarbeitungsvorrichtungen zur Positionserfassung und den damit verbundenen Sensoren und/oder Mitteln zur Kommunikation handeln. Dies macht die Vorrichtung insgesamt sehr flexibel bezüglich der denkbaren Einsatzfelder. Von der komplexen Transport-, Verpackungs- und Automatisierungseinrichtung mit einer Vielzahl von unabhängig betriebenen

35

5 Sekundärteilen bis hin zur Realisierung einer einfachen Linearbewegung sind alle Ausführungsformen denkbar und realisierbar.

Selbst Prozessenergie könnte mit diesem Verfahren auf das Sekundärteil berührungslos übertragen werden. Unter Prozessenergie wird in diesem Zusammenhang Energie  
10 verstanden, die nicht zur Versorgung von antriebsrelevanten Verbrauchern, sondern für die Durchführung eines Vorganges innerhalb eines Prozesses benötigt wird. Dies könnte beispielsweise das Verschweißen einer Folie für Lebensmittel nach der Befüllung durch eine Verpackungsmaschine sein. Beliebige weitere Anwendungsformen sind denkbar. Für den Einsatz in industriellen Maschinen wird deshalb vorgeschlagen, dass zumindest  
15 ein Verbraucher auf dem Sekundärteil eine prozessrelevante Apparatur ist, die einen Ver- bzw. Bearbeitungsschritt innerhalb eines industriellen Prozesses übernimmt.

Vorteilhafterweise wäre zu Zwecken einer Modularisierung und Erweiterbarkeit einer aus dem erfindungsgemäßen Linearmotor aufgebauten Wegstrecke diesen so  
20 auszulegen, dass er ein- oder mehrphasig angesteuert ist und eine Fortbewegungs- bzw. Bewegungsregelung aufweist, insbesondere für modulare Transporteinrichtungen mit geraden und kurvenförmigen Streckenabschnitten, die einen Streckenverlauf bilden, mit wenigstens einem über eine Informationsübertragungsschnittstelle kommunizierenden Sekundärteil, das Teile der Ansteuerung enthält, wobei das Sekundärteil wenigstens  
25 einen Permanentmagneten und eine Signalverarbeitungsvorrichtung mit Fortbewegungs- bzw. Bewegungsregler aufweist, welche zumindest einen bezüglich einer Spulenansteuerung relevanten Sollwert erzeugt, wobei der Sollwert über eine Sollwertschnittstelle vom Sekundärteil einer bezüglich des Primärteiles ortsfesten Spulenansteuerung als für die Kommutierung verwendete Größe zugeführt ist und  
30 Mittel zur steifen Lagerung des Sekundärteiles vorgesehen sind, die das Sekundärteil entlang der vorbestimmten Wegstecke führen.

Die erfindungsgemäße Energieversorgung speist in einem solchen Falle die apparativ auf dem Sekundärteil angeordnete Signalverarbeitungsvorrichtung mit Bewegungs-  
35 bzw. Fortbewegungsregler. Die Spulenansteuerung ist beispielsweise ortsfest am Primärteil angebracht und erzeugt das Fortbewegungsfeld für das Sekundärteil.

- 5 Die Signalverarbeitungsvorrichtung errechnet aus über Sensoren und/oder Schnittstellen empfangenen Istwerten Regelgrößen wie zum Beispiel, einen Strom- bzw. Spannungssollwert. Ein solcher Sollwert wiederum könnte als Eingangsgröße der ortsfesten Spulenansteuerung dienen und über eine Sollwertschnittstelle berührungslos an Empfängerspulen der Spulenansteuerung übertragen werden. Die Sollvorgaben für  
10 die Spulenansteuerung erfolgen damit direkt und kabellos über das bewegliche Sekundärteil, u.a. abhängig von seiner momentanen Position.

- Die Bewegungs- bzw. Fortbewegungsregelung könnte auch Teil einer Bewegungsregelung sein. Ein Positionssollwert oder Geschwindigkeitssollwert oder dergleichen wäre von einer zentralen oder dezentralen Steuerung erzeugbar und an das  
15 Sekundärteil über drahtlose Schnittstellen, beispielsweise induktiv, übertragbar. Es wäre damit möglich nur noch diejenigen felderzeugenden Spulen mit Fortbewegungsenergie zu versorgen, die sich in unmittelbarer Nähe des Sekundärteiles befinden und für dessen nächsten Bewegungsschritt bestromt werden müssen. Durch diese Lösung werden die  
20 Grundvoraussetzungen für ein universelles System geschaffen, welches durch die Realisierbarkeit modular aufgebauter Streckenabschnitte beliebiger Form quasi als Baukastenlösung für annähernd jedes Transport- und/oder Bearbeitungsproblems in industriellen Maschinen eine Lösung bietet.

- 25 Von weiterem Nutzen wäre eine Anordnung der Gestalt, dass am Sekundärteil wenigstens ein AC/DC-Wandler zur Spannungswandlung und Versorgung von Verbrauchern angeordnet ist. Der AC/DC-Wandler dient in diesem Falle zur Wandlung der über die Energieschnittstelle eingekoppelten Wechselspannung in eine Gleichspannung, da die Verbraucher in der Regel über eine Gleichspannung versorgt  
30 werden. Sofern alle Verbraucher eine identische Versorgung benötigen, können diese über einen Energieversorgungsbus an die Speisung angeschlossen werden, was den schaltungstechnischen Aufwand enorm verringert und die Ausfallwahrscheinlichkeit reduziert.

- Werden die Verbraucher über DC/DC - Wandler an die  
35 Energieübertragungsschnittstelle angeschlossen, so könnten sie mit unterschiedlichsten Versorgungsspannungen betrieben werden. Trotz einer einzigen

5 Energieübertragungsschnittstelle sind dadurch Versorgungsspannungen unterschiedlichster Pegel realisierbar. Der DC/DC-Wandler, der lediglich den Spannungspegel auf den gewünschten Wert ändert, wäre hierbei einem Verbraucher vorgeschaltet oder könnte in den Verbraucher integriert sein.

10 Um die Höhe der erforderlichen Spannung direkt an der Entstehungsquelle ohne weitere Hardware beeinflussen zu können wird vorgeschlagen am Sekundärteil wenigstens einen AC/AC-Wandler zur Spannungswandlung und Versorgung der Verbraucher anzuordnen. Auch in diesem Falle sind unterschiedliche Versorgungsspannungen für unterschiedliche Verbraucher dadurch realisierbar, dass die Verbraucher über integrierte  
15 oder separate AC/DC - Wandler an die Energieübertragungsschnittstelle angeschlossen sind. Die Aufgabe eines AC/AC-Wandlers wäre bei dieser Vorgehensweise lediglich die Adaptierung des Speisepegels bereits an der Quelle.

20 Weitere Verschaltungen von AC/DC- und/oder AC/AC-Wandlern zur Herstellung unterschiedlichster Spannungspegel und Spannungsarten auf dem Sekundärteil sind denkbar und ergeben sich aus den vielfältigen Kombinationsmöglichkeiten. Auf eine Darstellung jeder möglichen Kombination wird hier verzichtet. Diese dürften für den Fachmann leicht herzuleiten sein.

25 Besonders energiesparend ist eine Betriebsart bei der nur diejenigen Wicklungen des Primärteiles ein Energieversorgungsfeld erzeugen, die dem Sekundärteil im Wesentlichen gegenüber liegen. Es wird dadurch nur über die felderregenden Spulen ein Energieversorgungsfeld erzeugt, in deren direkter Nähe sich die Energieübertragungsschnittstelle des Sekundärteiles befindet. Weitere  
30 Energieeinsparungsmaßnahmen ergäben sich dadurch, dass ausschließlich jeweils diejenigen Wicklungen des Primärteiles ein Energieversorgungsfeld erzeugen, die der Energieübertragungsschnittstelle des Sekundärteiles im Wesentlichen gegenüber liegen. Hintergedanke bei dieser Lösung ist, die Verwendung dieses Features bei einer Systeminitialisierung. Dies dient dazu, die Anfangskonfiguration, d.h. u.a. die Position  
35 der Sekundärteile auf der Bewegungsbahn zu erfassen.

5 Die willkürliche Bestromung aller Spulen erhöht die Wärme- bzw. die Energieverluste und verringert damit auch die Lebensdauer bzw. Standzeit der Anordnung. Über eine Positionserfassung und die bekannten Abmessungen bzw. den Montageort der Energieübertragungsschnittstelle am Sekundärteil lässt sich eine gezielte Ansteuerung der betroffenen Wicklungen realisieren, beispielsweise über eine zentrale Steuerung  
10 oder über die aus Anspruch 3 bekannte verteilte Steuerlogik.

Wird die Anordnung so ausgelegt, dass alle Wicklungen bei der Initialisierung von Sekundärteilen Energie liefern, so ist eine anfängliche Erfassung der Position der Sekundärteile, beispielsweise beim Einschalten des Systems oder nach einer  
15 Systemstörung wie einer Kollision ohne schaltungstechnischen Mehraufwand und vor allem kabellos machbar. In diesem Falle werden zum Einschaltzeitpunkt alle Sekundärteile, unabhängig von ihrem Standort innerhalb ihrer Fortbewegungsbahn, mit Energie versorgt und alle Spulen bestromt. Ohne diese Maßnahme wären für eine zentrale Steuerung nach dem System(neu)start keine Informationen bzgl. des Standortes  
20 der Sekundärteile verfügbar, denn mangels vorhandener Energie arbeiten die am Sekundärteil angebrachten Systeme noch nicht. Es wäre dann eine zusätzliche Stromversorgung erforderlich (Batterien, Akkus, etc.), die im genannten Fallbeispiel die Stromversorgung übernimmt und/oder ggf. Speicher zur Erhaltung von Positionsdaten puffert. Im Falle einer Kollision oder einer Entgleisung des Sekundärteiles könnte  
25 jedoch auch eine Sicherung dieser Daten nutzlos sein. Die übliche Methode für die Lösung dieses Problems ist das sog. „Homing“-Verfahren, bei dem zunächst alle Sekundärteile einen definierten Streckenabschnitt zur Identifizierung und Positionserfassung durchfahren müssen. Erst danach ist das System wieder einsatzbereit und die Sekundärteile können ihre Ursprungsposition wieder anfahren, ein  
30 zeitaufwendiger und im Hinblick auf die Auswirkungen von Ausfallzeiten bei hochoptimierten Fertigungsprozessen sehr kostspieliger Vorgang, der mit der erfindungsgemäßen Lösung vermieden werden kann. Außerdem ist die vorgeschlagene Lösung ein weiterer Schritt in Richtung Wartungsfreiheit wegen fehlender Zusatzstromquellen. Fehlende Zusatzstromquellen reduzieren außerdem das Gewicht  
35 der Anordnungen und verbessern die Dynamik.

- 5 Nützlich wäre es, wenn der Linearmotor weiterhin dadurch gekennzeichnet ist, dass während des Normalbetriebes über die Energieschnittstelle gepufferte Akkumulatoren und/oder Batterien und/oder Solarzellen die erforderliche Energieversorgung sicherstellen. Dann würden die Sekundärteile selbst im stromlosen Zustand ihre Positionsdaten erhalten und eine kurzfristige Betriebsunterbrechung bei der die
- 10 Sekundärteile ihre Ursprungsposition beibehalten wäre zumindest ohne Einflüsse auf die Positionserfassung der Steuerung.

- Neben der eingangs genannten Aufgabe liegt der Erfindung des Weiteren die Aufgabe zugrunde, die Grundlage für eine industrielle Maschine zu schaffen, insbesondere zum
- 15 Einsatz in Automatisierungsstraßen, die einen industriellen Prozess umfasst, z.B. für Flachmaterialien, Verpackungen und Werkzeuge, wobei der Prozess eine Linearbewegung beinhaltet, die ein Linearmotor der mit wenigstens einem über eine Energieübertragungsschnittstelle versorgten Sekundärteil, auf dem Verbraucher angeordnet sind, und mit wenigstens einem Primärteil mit entlang einer vorbestimmten
- 20 Wegstrecke aneinandergereihten, felderzeugenden Spulen zur Fortbewegung des Sekundärteiles über ein Fortbewegungsfeld ausgestattet und dadurch gekennzeichnet ist, dass dem Fortbewegungsfeld ein Energieversorgungsfeld höherer Frequenz überlagert ist, welches über die Energieübertragungsschnittstelle des Sekundärteiles induktiv eingekoppelt wird und am Sekundärteil angebrachte Verbraucher mit Energie versorgt.

- 25 Die Vorteile einer industriellen Maschine gemäß der Erfindung werden besonders effizient ausgeschöpft, wenn die Maschine mehrere Sekundärteile umfasst, die eine prozesssynchrone Bewegung nach vorbestimmten Prozessvorschriften ausführen. Mehrere Sekundärteile bedingen eine erhöhte Komplexität bei der Energieversorgung.
- 30 Die Anzahl der Sekundärteile kann frei bestimmt werden und ist je nach dem Prozess lediglich durch die Anforderungen des Prozesses, durch die Geometrie der Sekundärteile und die Streckenführung des Primärteils begrenzt.

- Die Figur 1 zeigt grob schematisch den Querschnitt eines erfindungsgemäßen
- 35 Linearmotors. Figur 2 einen Linearmotor ähnlicher Art, jedoch mit weiteren Schnittstellen zur Kommunikation mit einer übergeordneten Steuerung zum Einsatz in

5 industriellen Maschinen. Figur 3 zeigt die in Fig. 2. gezeigte Anordnung in der Draufsicht und Fig. 4 eine mögliche Realisierung der Spulenansteuerung. Fig. 5 zeigt ein Prinzipschaltbild zur möglichen Realisierung der Leistungseinkopplung bzw. Leistungsauskopplung.

10 Der in Figur 1 gezeigte Linearmotor besteht aus Sekundärteil(en) 4 (hier nur eines gezeigt) und Primärteil(en) 5, die eine Bewegungsbahn bilden (hier nur ein Ausschnitt gezeigt). Die Anordnung ist im Schnitt gezeichnet. Der Schnitt erfolgt parallel zur möglichen Bewegungsrichtung 10 entlang der Mittelachse. An der Unterseite des Sekundärteiles 4, die dem Primärteil 5 gegenüber liegt, sind Permanentmagnete 11  
 15 angeordnet. Das Feld dieser Permanentmagnete 11 steht mit dem Fortbewegungsfeld bzw. Wanderfeld der felderzeugenden Spulen 1 in Wechselwirkung treibt das Sekundärteil 4 aufgrund der resultierenden Lorentzkraft an. An der Oberseite des Sekundärteiles 4 sind Verbraucher 2 angeordnet, die mittels Spannungs- und/oder Pegelwandler 8, welche über eine Leitung 12 miteinander verbunden sind, mit Energie  
 20 versorgt werden. Die Energieversorgungsschnittstelle 3 ist in diesem Beispiel an das Sekundärteil an einer quer zur Bewegungsrichtung verlaufenden Seite 14 angedockt. Die Energieschnittstelle 3 könnte prinzipiell an jeder beliebigen anderen Stelle des Sekundärteiles 4 angebracht sein, wesentlich ist bei der Wahl des Montageortes nur, dass ein guter bis optimaler Kopplungsfaktor erzielt wird. Es wäre also auch denkbar,  
 25 die Schnittstelle in der Mitte des Sekundärteiles 4 oder zwischen den Permanentmagneten 11 anzuordnen. Der über der Energieversorgungsschnittstelle 3 angeordnete Wandler 8 ist direkt mit dem Ausgang der Schnittstelle 3 verbunden und stellt wiederum einen Anschluss für alle mitfahrenden Verbraucher 2 zur Verfügung. Aufgenommen wird die Energie über das Energieversorgungsfeld 6, welches im  
 30 Luftspalt 15 zwischen der Energieversorgungsschnittstelle 3 und dem Primärteil 5 angedeutet ist. Bewegt sich das Sekundärteil nun entsprechend der eingezeigten Bewegungsrichtung 10, so wird die Energieschnittstelle 3 mitgeführt. Dies hat zur Folge, dass auch das Energieversorgungsfeld 6 der Bewegung folgen muss, andernfalls würde die Energieversorgung abreißen.

35 Über ein Positionserfassungssystem und eine zusätzliche Kommunikationsschnittstelle beispielsweise zu einer zentral oder dezentral organisierten Ablaufsteuerung ist aber

- 5 auch dieses Problem zu lösen, siehe Fig. 2. Eine Sollwertschnittstelle 9 mit nachgeschalteter Signalverarbeitung 13 wird für die Fortbewegungsregelung- bzw. Bewegungsregelung verwendet. Die Sollwertschnittstelle 9 ist wie die Energieschnittstelle an einer quer zur Bewegungsrichtung verlaufenden Seite 14 angedockt. Über eine nicht gezeigte Empfangsschnittstelle könnten über diese
- 10 Schnittstelle Daten mit einer übergeordneten Steuerung oder der Spulenansteuerung übertragen werden. Jede einzelne Wicklung der felderzeugenden Spulen 1 wird über die ggf. im Primärteil 5 integrierte Spulenansteuerung 7 mit Strom versorgt und kann dementsprechend individuell angesteuert werden. Teil der Spulenansteuerung sind Signalquellen 16 zur Erzeugung des Fortbewegungs- bzw. Energieübertragungsfeldes.
- 15 Diese könnten sowohl im Primärteil integriert aber auch extern ausgeführt sein. Die Anordnung ist auch ohne die Sollwertschnittstelle 9 mit nachgeschalteter Signalverarbeitung 13 funktionsfähig. Eine externe Steuerung muss dann die Ansteuerung der felderzeugenden Spulen 1 übernehmen.
- 20 Das dem Fortbewegungsfeld überlagerte Energieversorgungsfeld könnte dadurch erzeugt werden, dass der zur Herstellung eines Fortbewegungsfeldes erforderlichen Wechselspannungsquelle 16a mit einer Frequenz von beispielsweise 50 Hz (jede andere Frequenz ist denkbar) eine weitere Wechselspannungsquelle 16b mit beispielsweise 10 kHz oder sogar variabler Frequenz so zugeschaltet wird, dass sich aus der Überlagerung
- 25 beider Spannungen der gewünschte Effekt einstellt und sich beide Felder überlagern. Der Empfängerschwingkreis am Sekundärteil 4 ist auf die auszukoppelnde Frequenz abgestimmt, so dass er die maximal mögliche Energie einkoppelt. Der Spannungs- und Pegelwandler 8 adaptiert die Ausgangsspannung an die Anforderungen der Verbraucher 2, die über die Leitung 12 mit diesem verbunden sind. Es wäre auch denkbar jedem
- 30 Sekundärteil eine unikale Frequenz zuzuordnen, um es dann über diese zugeordnete Frequenz gezielt anzusteuern. Außerdem sind auch aus dem Stand der Technik bekannte weitere Modulationsverfahren zur Ansteuerung der Sekundärteile denkbar.

35 Wählt man einen oder mehrere der Verbraucher 2 so aus, dass sie Aufgaben innerhalb eines Industrieprozesses übernehmen, z.B. einen Schweiß- oder Klebevorgang, so könnten diese Verbraucher 2 ebenso wie alle anderen Verbraucher 2 über die

- 5 Energieversorgungsschnittstelle 3 und ggf. einen weiteren, parallel geschalteten Spannungs- und/oder Pegelwandler 8 (hier nicht gezeigt) mit Strom versorgt werden.

Je nachdem wie man die Spannungs- und/oder Pegelwandler 8 auswählt, können unterschiedlichste Anforderungen erfüllt werden. Durch die Kombination von AC/DC-,  
 10 AC/AC- und DC/DC-Wandlern 8 können sowohl Verbraucher mit Wechsel- als auch Gleichspannungsanschluss mit Strom versorgt werden. Über integrierte Spannungsteiler ist es möglich den an der Energieversorgungsschnittstelle 3 abgegriffenen Spannungspegel an die Verbraucher 2 anzupassen. Es ist also denkbar, dass jeder Verbraucher 2 einen eigenen Wandler 8 besitzt, der die individuellen, verbraucherspezifischen Spannungen und Pegel sicherstellt.

Die Energieversorgungsschnittstelle 3 fährt auf dem Sekundärteil 4 entlang der Wegstrecke 10 mit. Es wird beispielsweise ein nicht stationäres, wanderndes bzw. mitfahrendes, Energieversorgungsfeld 6 verwendet, welches der Bewegung des  
 20 Sekundärteiles entsprechend seiner Geschwindigkeit- bzw. Beschleunigungsvorgaben durch die Steuerung folgt. Es führen hier nur diejenigen felderzeugenden Spulen 1 Energie zur Energieversorgung, welche nun unter dem Sekundärteil 4 oder evtl. sogar nur unter der Energieversorgungsschnittstelle 3 angeordnet sind. Der Vorteil liegt wie schon erwähnt im verminderten Energieverbrauch und in verminderten  
 25 Wärmeverlusten. Im Falle der Systeminitialisierung ist es sinnvoll, alle felderzeugenden Spulen 1 gleichzeitig oder abschnittsweise mit Energie zu versorgen, um alle mitfahrenden Verbraucher 2 ohne einen separaten Positionserfassungsmechanismus sofort mit Strom zu versorgen, und die erforderlichen Daten durch eine Steuerung abfragen zu können. Die räumliche Ausdehnung des Energieversorgungsfeldes 6 kann  
 30 prinzipiell aber auf unterschiedlichste Weise realisiert sein. Es könnte auf der gesamten Wegstrecke auch im Normalbetrieb permanent anliegen, oder aber nur auf relevanten Wegabschnitten, abhängig von der momentanen Position des (der) zu speisenden Sekundärteile(s) 4. Im letzteren Falle sind natürlich höhere Anforderungen an die Ansteuerung der felderzeugenden Komponenten gestellt.

- 5 Ein einziger oder mehrere der Verbraucher 2 könnten auch als Energiespeicher (Akkumulator) ausgelegt sein, so dass sie nach dem Ladeprozess im Falle eines Energieausfalles die anderen über die Leitung 12 angeschlossenen Verbraucher versorgen können. Auch andere Energiequellen sind denkbar, die der Leitung 12 Energie zuführen (Batterien, Solarzellen, etc.).

10

- Der in Figur 2 dargestellte Linearmotor besteht aus Sekundärteil(en) 4 und Primärteil(en) 5. Der besseren Übersichtlichkeit halber zeigt die Darstellung nur ein einziges Sekundärteil 4 im Schnitt. Das Primärteil 5 bildet wie in Fig. 1 einen Streckenverlauf, auf dem vorzugsweise mehrere Sekundärteile 5 gleichzeitig fahren können. Auf dem Sekundärteil 4 ist eine Signalverarbeitungsvorrichtung 19 zur Bewegungs-, bzw. Fortbewegungsregelung angeordnet und fährt bei Bewegung mit. Diese Vorrichtung ist außerdem an die Energieübertragungsschnittstelle 3, die Geberschnittstelle 17 und die Steuerschnittstelle 18 und zusätzlich an die Sollwertschnittstelle 9 angeschlossen. Am Primärteil 5 befindet sich eine Spulenansteuerung 7, welche mit den felderzeugenden Wicklungen 1 und der Sollwertschnittstelle 9 verbunden ist. Auch am Primärteil 5 existiert eine Energieübertragungsschnittstelle 3, eine Geberschnittstelle 17 und eine Steuerschnittstelle 18. Diese sind mit einer Signalquelle 16, einem Bewegungszustands-Geber 21 und einem Steueranschluss 22 verbunden. Im Luftspalt 15 ist das Fortbewegungsfeld zwischen den felderzeugenden Komponenten 23 des Sekundärteiles 4 und den felderzeugenden Spulen 1 des Primärteiles 5 angedeutet. Die felderzeugenden Komponenten 23 sind an der Unterseite des Sekundärteiles 4 angeordnet und fahren mit diesem mit.

- 30 Der Steueranschluss 22 gewährleistet die Verbindung zu einer zentral oder dezentral angeordneten Steuerung (hier nicht gezeigt), welche die Koordination des Bewegungsablaufes oder einen gesamten industriellen Prozess umsetzt. Über die Steuerschnittstelle 18 am Primärteil, die im konkreten Beispiel als induktive, bidirektionale Schnittstelle ausgeführt sein könnte, werden Steuerinformationen berührungslos an die korrespondierende und gegenüberliegende Steuerschnittstelle 18  
35 des Sekundärteiles 4 übertragen. Die Steuerschnittstelle 18 des Sekundärteiles liefert der

5 Signalverarbeitungsvorrichtung 19 Daten und diese wertet die Daten aus. Ein Bewegungszustandsgeber 21 liefert über eine weitere berührungslose Geberschnittstelle 17 Positionsinformationen an die Signalverarbeitungsvorrichtung 19. Diese Daten nutzt die Signalverarbeitungsvorrichtung 19, um die aktuelle Position des zugeordneten Sekundärteiles 4 relativ zum Primärteil 5 zu erfassen. Die am Primärteil 5 angeordnete

10 Signalquelle 16 versorgt die Signalverarbeitungsvorrichtung 19 am Sekundärteil 4 ebenfalls berührungslos mit elektrischem Strom über die Energieübertragungsschnittstelle 3. Die Ansteuerung der felderzeugenden Spulen 1 übernimmt die Spulenansteuerung 7, welche über die Sollwertschnittstelle 9 Vorgaben bzgl. der erforderlichen Feldstärke erhält. Der Sollwert könnte in diesem Falle ein

15 Stromsollwert sein, welcher direkt proportional zur Intensität des magnetischen Feldes und damit zur Beschleunigung des Sekundärteiles ist. Auch ein Spannungssollwert wäre denkbar. Der Stromsollwert wird über die berührungslose Schnittstelle, der Sollwertschnittstelle 9 direkt von der Signalverarbeitungsvorrichtung 19 des Sekundärteiles 4 geliefert. Die Signalverarbeitungsvorrichtung 19 leitet diesen Sollwert

20 direkt aus den Daten ab, die sie von der Geberschnittstelle 17 und der Steuerschnittstelle 18 erhält. Bei den Daten aus der Steuerschnittstelle 18 könnte es sich um einen Lagesollwert handeln, aus dem die Signalverarbeitungsvorrichtung 19 die erforderliche Beschleunigung und Geschwindigkeit abhängig von dem zurückzulegenden Weg berechnet und dann per Stromsollwert die nötige Wanderfeldstärke anfordert. Andere

25 Sollwertarten sind je nach Anwendungsfall denkbar.

Eine Kombination der in Fig. 1 und Fig. 2 gezeigten Vorrichtungen eignet sich beispielsweise optimal zum Einsatz in industriellen Maschinen. Verbraucher mit unterschiedlichsten Leistungsanforderungen können durch die erläuterte Kombination

30 von AC/DC-, AC/AC- und DC/DC-Wandlern auf dem Sekundärteil angebracht und versorgt werden. Insbesondere für Automatisierungsstraßen, die einen industriellen Prozess umfassen oder zur Ver- und Bearbeitung von Flachmaterialien, Verpackungen und Werkzeugen, wobei der Prozess eine Linearbewegung beinhaltet, die ein ein- oder mehrphasig angesteuerter Linearmotor inklusive Bewegungsregelung mit wenigstens

35 einem Sekundärteil 4 und wenigstens einem Primärteil 5 mit felderzeugenden Spulen 1 in konzentrierter oder überlappender Wicklung entlang einer vorbestimmten

- 5 Wegstrecke ausführt sind die Lösungen geeignet. Die kompakte Bauform und die Auslagerung von Steuerintelligenz auf das Sekundärteil 4 ermöglicht die Herstellung sehr flexibler modulartiger Komponenten, die in Form eines Bausatzes angeboten werden könnten. Die aus Primärteilen 5 ausgebildeten Streckenabschnitte können theoretisch in beliebiger Form hergestellt werden, also als gerade oder kurvenförmige
- 10 Abschnitte mit rechtem oder linken Kurvensinn oder als Abschnitte zur Überbrückung einer Steigung, und ermöglichen damit die Lösung annähernd jedes Transportproblems.

- Figur 3 zeigt den Ausschnitt einer aus Primärteilen gebildeten Strecke 25 mittels dreiphasig angesteuerter Spulen in der Draufsicht. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist erneut nur ein Sekundärteil 4 und nur ein Streckenabschnitt 24 abgebildet. Dieses Sekundärteil 4 kann sich oberhalb der Strecke 25 entlang der eingezeichneten Pfeile in Vorwärts- und/oder Rückwärtsrichtung bewegen. Eine steife Lagerung des Sekundärteiles könnte beispielsweise durch Rollen und Schienen erfolgen, aber auch ein magnetisches Schwebesystem wäre denkbar. Die Übertragung des Sollwertes von der
- 15 Signalverarbeitungsvorrichtung über die Sollwertschnittstelle 9 des Sekundär- und Primärteiles erfolgt hier für jede der drei Phasen über eine separate Schnittstelle, daher sind drei Sollwertschnittstellen 9 am Sekundärteil 4 nebeneinanderliegend, jedoch in Bewegungsrichtung zueinander versetzt eingezeichnet. Jede der drei segmentartig aufgebauten Sollwertschnittstellen 9 des Primärteiles 5 steuert über die
- 20 korrespondierende Sollwertschnittstelle 9 des Primärteiles 5 eine Gruppe von Wicklungen 1 parallel an, wodurch eine gleichphasige Versorgung mit Strom gewährleistet ist. Dabei ist wichtig zu wissen, dass nur diejenigen Spulen mit Strom versorgt werden, die auch tatsächlich zum Antrieb des Sekundärteiles 4 erforderlich sind. Also diejenigen Wicklungen, die sich gerade unter oder unmittelbar vor dem
- 25 Sekundärteil 4 befinden. Dieses Prinzip der Spulenansteuerung in Abhängigkeit von der Sekundärteilposition begrenzt unter anderem effektiv die Verlustleistung des Transportsystems. Es wird bei einem 3-Phasensystem – wie in Fig. 3 gezeichnet – jede dritte Spule über eine eigene Spulenansteuerung 7 mit Strom identischer Phasenlage versorgt. Die Spulenansteuerung 7 ist hier lediglich durch ein Transistorsymbol
- 30 angedeutet. Bei der Bewegung des Sekundärteiles entlang der Strecke 25 wandern die an der Unterseite des Sekundärteiles angeordneten Sollwertschnittstellen 9 entlang der

5 Wegstrecke und passieren dabei ihre korrespondierenden Schnittstellen am Primärteil. Dies führt zur bereits erwähnten Kommutierung des Spulenstromes entsprechend des Bewegungsverlaufes. Verlässt die Sollwertschnittstelle 9 des Sekundärteiles 4 den Erfassungsbereich der Schnittstelle am Primärteil 5, so führt das zur Abschaltung des Stromes in den betroffenen Spulen. Erreicht die Anordnung eine neue Schnittstelle so  
 10 führt dies zur Aktivierung des Spulenstromes, was das Sekundärteil dann in die gewünschte Richtung treibt. Über den an die Spulenansteuerung 7 übertragenen Sollwert besteht zusätzlich die Möglichkeit der Beeinflussung der Fortbewegung, beispielsweise eine Geschwindigkeitszunahme durch Beschleunigung abhängig von einer Last oder der Vorgabe einer zentralen Steuervorrichtung.

15 In Figur 4 ist die Spulenansteuerung 20 in Form eines Prinzipschaltbildes gezeigt. Ein von der Sollwertschnittstelle 9 erhaltener Stromsollwert zur Ansteuerung der Spulen wird mit dem momentanen Strom-Ist-Wert 28 der Spulen verglichen. Dieser Ist-Wert wird über eine Messvorrichtung 32 direkt ermittelt. Das Ergebnis dieses Vergleichs  
 20 wird einem Pulsweitenmodulator 26 zugeleitet, welcher über zwei als Halbbrücke 33 geschaltete IGBTs eine felderzeugende Spule ansteuert. Die Spulenansteuerung 20 besteht also in diesem Beispiel aus einem Vergleich 27, der PWM-Ansteuerung 26, aus der Halbbrücke 33 sowie einer Messvorrichtung 32. Weitere Bauteile können, abhängig von der jeweiligen Aufgabenstellung, zusätzlich erforderlich werden. Die  
 25 Eingangssignale erhält die Spulenansteuerung 20 von der Sollwertschnittstelle 9 und von der Istwertrückführung 28. Das Ausgangssignal wird direkt zur Versorgung der felderzeugenden Spulen 1 verwendet. Als Versorgungsspannung der Vorrichtung dient hier eine bipolare Spannungsversorgung, gekennzeichnet durch die Leitungszuführungen 29 und 30. Die Messung des Stromistwertes erfolgt relativ zur  
 30 Masse 31. Weitere Ausgestaltungsformen zur Ansteuerung der Spulen sind denkbar.

Figur 5 zeigt detaillierter die Ansteuerung (Transistorsymbol 7) der in Fig. 3 dargestellten Spulen 1, die einen Streckenabschnitt bilden. Es ist zu bemerken, dass nur die für das Verständnis der Schaltung unbedingt erforderlichen Komponenten  
 35 eingezeichnet sind. Die mit  $n$ ,  $n+1$  und  $n+2$  bezeichneten modularen Einheiten wiederholen sich entsprechend der Anzahl der anzusteuernenden Spulen entlang der

5 Wegstrecke. Es ist die aus Figur 4 bekannte Halbbrücke 33 mit ihrer Versorgungsspannung 29/30 zu erkennen und die zur Erzeugung des Fortbewegungsfeldes erforderliche, mit Masse 31 verbundene Spule 1. Zusätzlich ist die Energieübertragungsschnittstelle 3, bestehend u.a. aus der Spule 1 und der am Sekundärteil angeordneten Spule 34, dargestellt. Die Spule 34 weist zwei Anschlüsse 37  
10 auf. Am Kontaktpunkt der beiden Transistoren einer Halbbrücke 33 ist zusätzlich eine Kapazität 35 eingezeichnet, welche mit einer HF-Spannungsquelle 36 verbunden ist.

Für das Verständnis der Energieübertragung sind im wesentlichen die Bezugszeichen 35, 1, 34 und 37 relevant. Betrachtet man ein Modul, beispielsweise Modul  $n+1$ , so  
15 funktioniert dieses wie folgt: Die Fortbewegung des Sekundärteiles geschieht wie in Fig. 4 bereits ausführlich beschrieben. Über die Versorgungsleitung 36 wird eine höherfrequente Versorgungsspannung (oder eine in der Frequenz variable Versorgungsspannung) über die Kapazität 35 eingekoppelt, deren Feld sich mit dem Feld der antreibenden Versorgungsspannung überlagert. Die mit dem Sekundärteil  
20 mitfahrende Spule 34 greift die über die Kapazität 35 eingespeiste Leistung im Idealfall wieder komplett ab und stellt am Anschluss 37 die zur Energieversorgung mitfahrender und am Sekundärteil angebrachter Baugruppen erforderliche Spannung zur Verfügung. An den Anschluss 37 könnten nun wie bereits oben ausführlichst beschrieben über AC-/DC-Wandler verschiedene Spannungspegel, die speziell auf die Verbraucher ausgelegt  
25 sind, erzeugt werden.

Bezugszeichenliste

10	1	felderzeugende Spulen
	2	Verbraucher
	3	Energieübertragungsschnittstelle
	4	Sekundärteil
	5	Primärteil
15	6	Energieversorgungsfeld
	7	Spulenansteuerung
	8	Spannungs- und/oder Pegelwandler
	9	Sollwertschnittstelle
	10	Bewegungsrichtung
20	11	Permanentmagnete
	12	Versorgungsleitung
	13	Ansteuerung
	14	Verbindung
	15	Luftspalt
25	16	Signalquelle
	17	Geberschnittstelle
	18	Steuerschnittstelle
	19	Signalverarbeitungsvorrichtung
	20	Spulenansteuerung
30	21	Bewegungszustands-Geber
	22	Steueranschluss
	23	felderzeugende Komponente
	24	Streckenabschnitt
	25	Strecke
35	26	PWM-Ansteuerung
	27	Vergleicher

- 5 28 Istwerterzeugung  
29 Versorgungsspannung mit Polarität a  
30 Versorgungsspannung mit Polarität b  
31 Masse  
32 Messvorrichtung  
10 33 Halbbrücke  
34 Einkoppelspule eines Sekundärteiles  
35 Einkoppelkapazität  
36 Leistungseinspeisung für Sekundärteile  
37 Leistungsentnahme durch Sekundärteile

15

Zusammenfassung

## 10 Berührungslose Energieversorgung für bewegte Verbraucher

Berührungslose Energieversorgung für am beweglichen Teil eines Linearmotors angebrachte elektrische Verbraucher, die ohne nennenswerten zusätzlichen Material- und Herstellungsaufwand und ohne zusätzliche Spannungsquellen auskommt. Eine solche Anordnung wird dadurch realisiert, dass dem Fortbewegungsfeld ein Energieversorgungsfeld 6 höherer Frequenz überlagert ist, welches über die Energieübertragungsschnittstelle 3 des Sekundärteiles 4 induktiv auskoppelt wird und am Sekundärteil 4 angebrachte Verbraucher 2 mit Energie versorgt.

20 (Fig. 1)

Patentansprüche

- 10 1. Linearmotor, insbesondere für modulare Transporteinrichtungen, mit wenigstens einem über eine Energieübertragungsschnittstelle (3) versorgten Sekundärteil (4), auf dem Verbraucher (2) angeordnet sind, und mit wenigstens einem Primärteil (5) mit entlang einer vorbestimmten Wegstrecke aneinandergereihten, felderzeugenden Spulen (1) zur Fortbewegung des Sekundärteiles (4) mittels eines Fortbewegungsfeldes,
- 15 **dadurch gekennzeichnet, dass** dem Fortbewegungsfeld ein Energieversorgungsfeld (6) höherer Frequenz überlagert ist, welches über die Energieübertragungsschnittstelle (3) des Sekundärteiles (4) induktiv eingekoppelt wird und am Sekundärteil (4) angebrachte Verbraucher (2) mit Energie versorgt.
- 20 2. Linearmotor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein für einen Anwendungsprozess erforderlicher Vorgang durch einen Verbraucher (2) ausgeführt wird und dieser Verbraucher (2) eine prozessrelevante Apparatur ist.
- 25 3. Linearmotor nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** dieser ein- oder mehrphasig angesteuert ist und eine Fortbewegungs- bzw. Bewegungsregelung aufweist, insbesondere für modulare Transporteinrichtungen mit geraden und kurvenförmigen Streckenabschnitten, die einen Streckenverlauf bilden, mit wenigstens einem über eine Informationsübertragungsschnittstelle kommunizierenden Sekundärteil
- 30 (4), das Teile der Ansteuerung enthält, wobei das Sekundärteil (4) wenigstens einen Permanentmagneten und eine Signalverarbeitungsvorrichtung mit Fortbewegungs- bzw. Bewegungsregler aufweist, welche zumindest einen bezüglich einer Spulenansteuerung relevanten Sollwert erzeugt, wobei der Sollwert über eine Sollwertschnittstelle (9) vom Sekundärteil (4) einer bezüglich des Primärteiles (5) ortsfesten Spulenansteuerung (7)
- 35 als für die Kommutierung verwendete Größe zugeführt ist und Mittel zur steifen

- 5 Lagerung des Sekundärteiles vorgesehen sind, die das Sekundärteil entlang der vorbestimmten Wegstecke führen.
4. Linearmotor nach einem der Ansprüche 1-3, **dadurch gekennzeichnet**, dass am Sekundärteil (4) wenigstens ein AC/DC-Wandler an die
- 10 Energieübertragungsschnittstelle (3) angeschlossen ist und Verbraucher (2) versorgt.
5. Linearmotor nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass Verbraucher (2) über DC/DC - Wandler an den AC/DC-Wandler angeschlossen sind.
- 15 6. Linearmotor nach Anspruch 1-5, **dadurch gekennzeichnet**, dass an dem Sekundärteil (4) wenigstens ein AC/AC-Wandler an die Energieübertragungsschnittstelle (3) angeschlossen ist und Verbraucher (2) versorgt.
- 20 7. Linearmotor nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass Verbraucher (2) über AC/DC - Wandler an den AC/AC-Wandler angeschlossen sind.
8. Linearmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass alle diejenigen Wicklungen (1) des Primärteiles (5) ein Energieversorgungsfeld (6) erzeugen, die dem Sekundärteil (4) im Wesentlichen gegenüber liegen.
- 25 9. Linearmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass ausschließlich jeweils diejenigen Wicklungen (1) des Primärteiles (5) ein Energieversorgungsfeld (6) erzeugen, die der Energieübertragungsschnittstelle (3) des Sekundärteiles (4) im Wesentlichen gegenüber liegen.
- 30 10. Linearmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei einer Initialisierung von Sekundärteilen (4) alle Wicklungen Energie liefern.
- 35 11. Linearmotor nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass während des Normalbetriebes über die Energieschnittstelle (3) gepufferte Akkumulatoren und/oder Batterien und/oder Solarzellen die erforderliche Energie liefern.

- 5 12. Industrielle Maschine, insbesondere für Automatisierungsstraßen, die einen industriellen Prozess umfasst, insbesondere für Flachmaterialien, Verpackungen und Werkzeuge, wobei der Prozess eine Linearbewegung beinhaltet, die ein ein- oder mehrphasig angesteuerter Linearmotor inklusive Bewegungsregelung mit wenigstens einem Sekundärteil (4) und wenigstens einem Primärteil (5) mit felderzeugenden  
10 Spulen (1) in konzentrierter oder überlappender Wicklung entlang einer vorbestimmten Wegstrecke ausführt, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Fortbewegungsfeld ein Energieversorgungsfeld (6) höherer Frequenz überlagert ist, welches über die Energieübertragungsschnittstelle (3) des Sekundärteiles (4) induktiv  
15 ausgekoppelt wird und am Sekundärteil (4) angebrachte Verbraucher (2) mit Energie versorgt.



LIBRARY

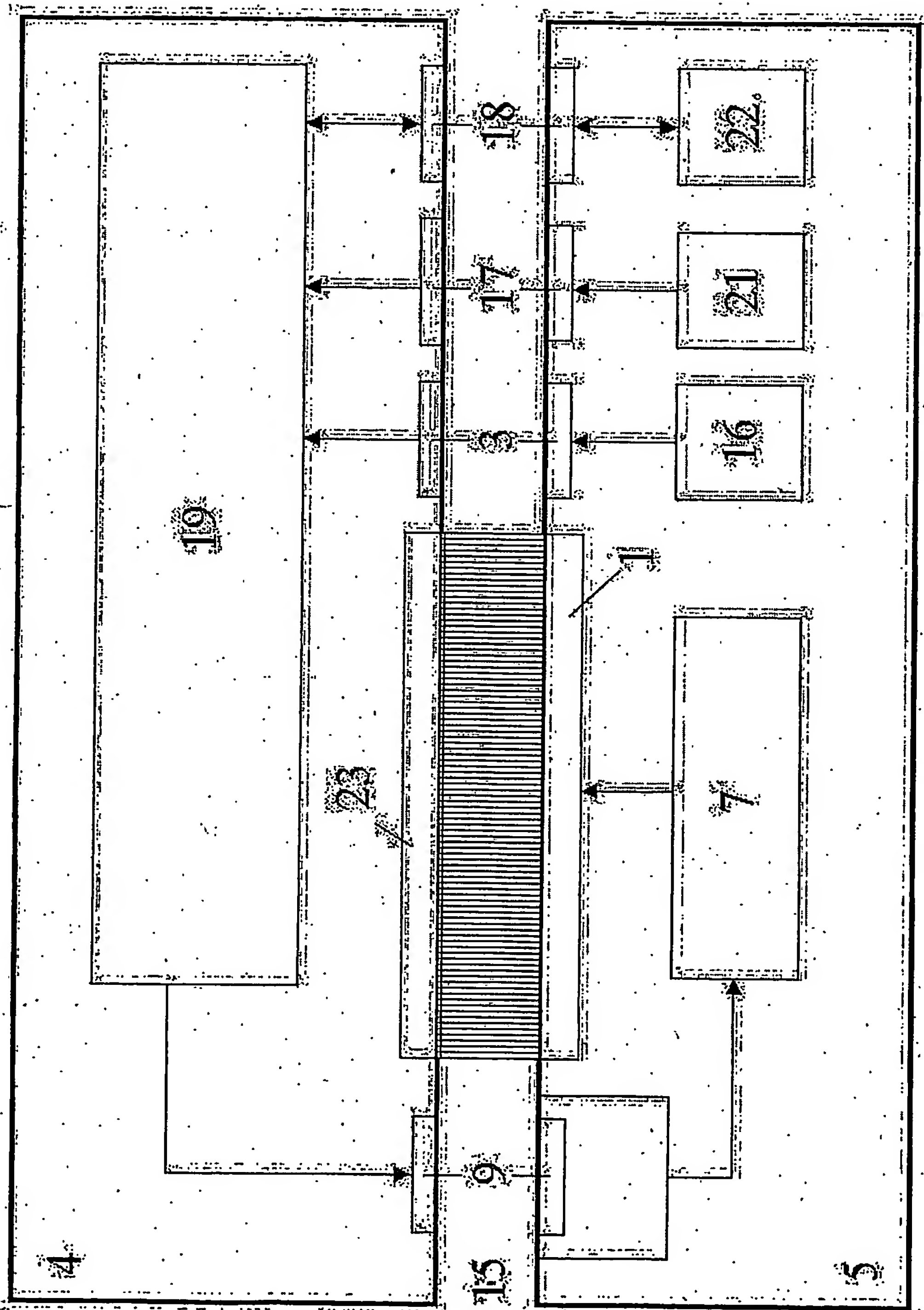
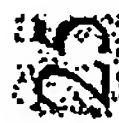


Fig. 2



25



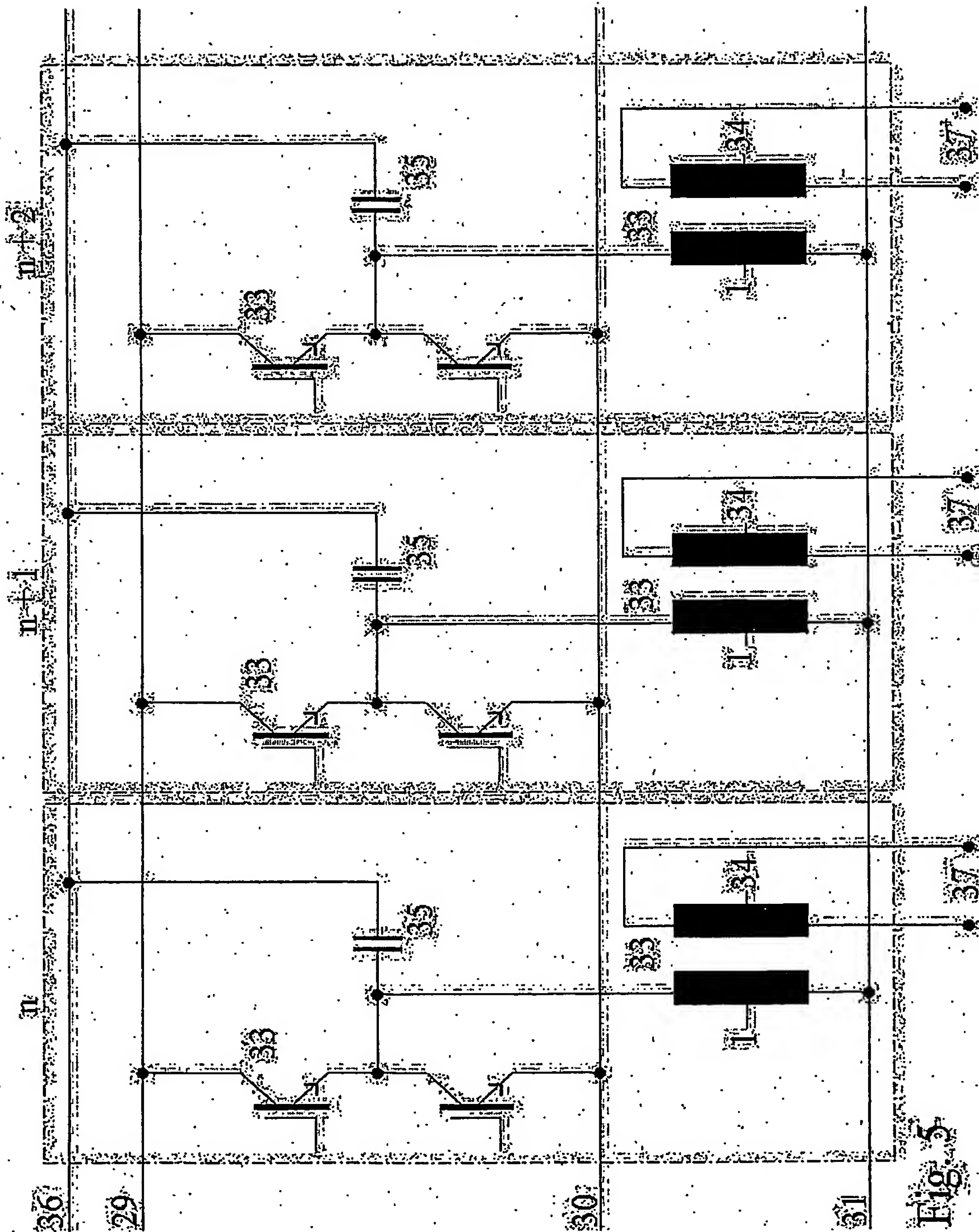


Fig. 5

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**